



Journal of Korean Society of Dental Hygiene

Original Article **Rapid upper limb assessment와 3차원 동작 분석을 활용한
치석제거 자세교정 교육의 효과**

윤태림* · 민지현¹* · 김한나¹

청주대학교 보건의료과학대학 물리치료학과 · ¹청주대학교 보건의료과학대학 치위생학과

Effect of posture correction training in dental scaling using rapid upper limb assessment and 3D motion analysis

Received: 22 March 2018

Revised: 18 April 2018

Accepted: 13 May 2018

Tae-Lim Yoon* · Ji-Hyun Min¹* · Han-Na Kim¹

Department of Physical Therapy, College of Health and Medical Science, Cheongju University

¹Department of Dental Hygiene, College of Health and Medical Science, Cheongju University

Corresponding Author: Han-Na Kim, Department of Dental Hygiene, College of Health and Medical Science, Cheongju University, 298 Daesung-ro, Cheong-Ju, Chungcheongbuk-do 28503, Korea, Tel: +82-43-229-8373, Fax: 82-43-229-8969, E-mail: nahan3219@hanmail.net

*Indicates that the two authors contributed equally to the manuscript.

ABSTRACT

Objectives: The purpose of this study was to investigate the change in the posture of dental hygiene students and clinical dental hygienists when implementing dental scaling before and after posture correction training using the rapid upper limb assessment (RULA) method and 3D motion analysis. **Methods:** Thirty-two healthy volunteers performed dental scaling to remove artificial calculus on dental manikin. The movement and angle of the joints were verified by RULA and 3D motion analysis during the procedure. The subjects were also photographed for 1 minute during the procedure for 10 minutes while the calculus was removed. After the removal of the calculus, the subject and the instructor checked the video together. Posture correction training was conducted by the instructor so that the subject could perform the calculus removal operation in the correct posture. Artificial calculus of the adjacent teeth was then removed for the same period of time, and the change in posture was reviewed. **Results:** The total score of the posture change using RULA was 5.72 ± 0.58 before training and 4.31 ± 0.10 after training, showing a significant decrease after training ($p < 0.001$), and upper arm, lower arm, wrist position, neck and waist position showed significant decrease after training. The three-dimensional motion analysis showed significant differences according to the criteria measured at all measurement sites except the left shoulder ($p < 0.05$). **Conclusions:** It was confirmed through RULA and 3D motion analysis that postural correction training using calculus removal images was effective, and that correct postural education is essential to preventing musculoskeletal diseases caused by removal of calculus.

Key Words: 3D motion analysis, Dental hygiene, Dental scaling, Postures, Posture correction training, Rapid upper limb assessment (RULA)

색인: 자세, 자세교정 교육, 치석제거, 치위생학, RULA, 3차원 동작분석

서론

치과종사자들은 좁은 구강에 치석제거시술이나 치주치료 시 직업적 특성으로 인해 부적절한 자세를 반복적으로 장시간 취하게 된다. 다수의 치과위생사들은 진료 시 목이 숙여지고 허리를 돌리거나 과도하게 구부리고 팔이 가슴 높이로 올라간 자세로 서서 또는 앉아서 진료시술과 진료보조를 행하기 때문에 신체의 여러 부위에 통증을 유발할 수 있으며, 근육의 긴장이 생기게 된다[1]. 이를 근골격계 이상(Musculoskeletal disorder)이라 하며, 대표적으로 발생하는 질환은 수관증후군이고 이외에 손, 팔목, 팔꿈치, 목, 어깨에 영향을 준다. 정[2]은 치과위생사 작업활동에 지장을 받는 부위는 허리가 51.7%로 가장 높았고, 최근 1주일 이내에 통증을 느낀 부위는 어깨가 62.5%로 가장 높게 나타났다고 보고한 바가 있다. Osborn 등[3]은 치과위생사가 수관증후군(Carpal tunnel syndrome)에 취약하므로 이로 인해 업무 수행에 차질이 생길 수 있다고 보고하였고, 이는 환자에 대한 진료의 질과 수행의 효율을 떨어뜨릴 수 있으며, 지속될 시에는 다른 업무에도 부정적인 영향을 줄 수 있다고 하였다.

치과위생사의 근골격계 이상의 예방을 위해 예비치과위생사인 학생들은 학부과정 동안 치석제거 시 올바른 자세인 중립체위(Neutral body position)에 대한 교육을 치주기구 사용 및 치면세마 강의와 함께 받는다. 술자의 발바닥이 바닥에서 떨어지지 않고 허벅지는 바닥에 평행하게 하며 등은 의자와 시트에 깊숙이 앉아야 한다. 술자의 목은 똑바로 세워 척추와 일직선상을 이루게 하고, 목은 앞으로 20도 이상 굽히지 않도록 하며, 어깨는 한쪽으로 기울어지지 않고 수평을 유지한다. 상박(Upper arm)은 몸의 측면에서 20도 이상 떨어지지 않도록 하고, 팔은 손목과 같은 높이로 바닥과 평행을 유지하여 상박에 대해 60도에서 100도를 넘지 않는 범위에서 시술하며, 손목은 비틀지 말고 굴곡 또는 연장되는 것을 피해야 한다. 술자의 위치에 대한 시계위치는 각 위치에서 시술할 수 있는 치아부위에 맞게 시술해야 한다[4,5].

작업수행 관련 근골격계질환을 진단하고 예방하기 위해서 자세에 대한 평가가 이루어져 왔으며, 작업자세와 작업각도에 따른 신체부하 평가에서도 목, 어깨, 허리, 팔, 손목 등에서 신체적 부하가 큰 것으로 조사되고, 신체증상 조사와 인간공학적 평가 간에 상호 관련성이 높다고 보고된다[6]. 따라서 근골격계질환의 자세변화를 측정하는 여러 방법이 사용되어 왔다. 통증의 정도를 설문지를 통해 자기입하하도록 하거나[7,8], 대상자의 움직임을 관찰에 근거하여 평가하기도 하였다. Rapid upper limb assessment (RULA)는 영국 노팅엄 대학에서 작업성 상지 질환 예방을 위해 개발한 평가기법으로 자동차 조립 라인 등 상지 작업이 많은 현장에의 적용이 적합한 것으로 알려져 있다. 관찰에 근거한 평가법을 사용하는 평가도구로 어깨, 팔목, 손목, 목 등에 점을 맞춰 작업부하를 빠르게 평가하기 위해 사용된다[9]. RULA의 평가 항목으로는 정상 범위를 벗어난 관절의 틀어짐이나, 근육에 무리를 주는 작업의 각도, 반복적인 힘과 불편한 자세이고 해당되는 항목이 있을 경우 점수를 가산하는 방식이다. 정과 김[10]의 치면세마 실습 시 근골격계질환 예방교육 프로그램 실시 후 자세 변화에 대한 연구에서 예방교육 프로그램 후 RULA 점수가 유의하게 감소함을 보고하였고, Noh와 Roh[11]의 연구에서 치과위생사의 업무 동작을 RULA법을 이용하여 분석하였을 시, 치석제거 하는 동작이 구내 방사선 촬영과 비교하였을 때, 작업성 근골격계 질환을 더 유발할 가능성이 높음을 보고하였다.

하지만, 관찰에 근거한 RULA법을 이용한 자세 분석은 측정자간의 신뢰도가 낮거나(ICC<0.05) 상대적으로 손목이나 팔뚝 같은 작은 관절의 평가가 어렵다는 단점이 존재한다[12]. 따라서 여러 선행연구에서 2차원 비디오 모션 분석 방법을 통해 근골격계질환 예방 교육 프로그램이 효과가 있었으며 자세가 향상되었음을 보고하였고[10], 2차원 영상에 의한 인간공학적인 분석에서 치과위생사들의 치석제거동작 동안의 신체의 굴곡 정도와 시술 부위에 따른 점수를 보고하였고, 신체 불편도가 목, 어깨 순으로 나타난다는 것을 보고하였다[13].

그러나 인간의 동작 분석은 시간에 따른 신체 부위의 3차원 동작을 기록하고 측정하는 것으로 구성되기 때문에, 최근에는 관성센서와 같은 기술들을 활용하여 자세 분석을 하는 것이 기존의 비디오 모션 분석방법 보다 3차원 실시간 분석과 높은 타당도와 신뢰도 등을 가진다는 점에서 선호되고 있다. 그 외에도 반복적인 움직임, 관절가동범위, 최대속도 움직임 등을 기능적으로 분석할 수 있으며, 테스트 결과를 컴퓨터를 통해 정량적인 변수로 분석이 가능하다는 장점이 있다[14]. 관성센서를 이용한 3차원 동작 분석방법은 치과위생사의 한정된 범위에서 빠른 반복적인 움직임을 수행하는 작업특성을 고려할 때, 치과위생사의 작업수행 관련 근골격계질환과 관련된 작업 동작을 이해하기에 적합하다. 그러나 아직까지 치석제거와 같은 치과위생작업 시 자세교육의 효과를 3차원 동작분석을 통해 알아본 연구는 충분하지 않았다. 따라서 이 연구의 목적은 치위생학과 학생 및 임상치과위생사를 대상으로 치석제거 동작 자세에 대한 교정 교육 전후 시술자세의 변화를 RULA법과 3차원 동작분석을 이용하여 알아보려고 하였다.

연구방법

1. 연구대상

본 연구는 2016년 2월부터 2주 동안 실시되었으며, 충북지역 소재 대학의 치위생학과 학생 및 임상치과위생사 중에서 대상자에게 실제 치석제거를 경험한 적이 있는 자, 올바른 자세에 대해 이론교육 및 실습을 교육받은 자, 나이는 18세 이상이며 연구 진행 시 통증이 없었던 대상자를 대상으로 하였다. 이때, 지난 2년 동안 지속적 요통이 있던 자, Bruyne 등 [15]의 연구를 참고하여 이전에 척추수술 또는 진통제를 복용 한 자는 실험에서 제외되었다. 연구의 필요성과 방법을 설명한 후 자발적으로 연구에 참여한 자, 32명을 대상으로 하였다. 연구대상자는 동일 대상자에게 교육을 제공하고 효과를 검증한 연구[10]에서 보고한 중재의 효과 크기 0.70, $\alpha=0.05$ (유의수준), power $(1-\beta)=0.80$, matching 집단을 가지고 G*power3.2을 적용하여 산출된 표본 수 24명을 능가하는 숫자이다. 윤리위원회심사 결과 승인을 받았다(1041107-161228-HR-008-04).

2. 연구방법

1) 치석제거 부위

치석제거를 위해서 치과용미러(Dental mirror, Osung, Korea), 전치부용 그레이시큐렛(Hu-Friedy Gracey curettes SG1/2, Hu-Friedy, Swiss), 구치부용 그레이시큐렛(Hu-Friedy Gracey SG11/12,

SG13/14, Hu-Friedy, Swiss), 시클 스케일러(Hu-Friedy SH5/33, Hu-Friedy, Swiss)를 치과용 브러켓 위에 준비하였다. 사전에 연구자는 마네킨에 치석을 제거할 부위를 만들기 위해서 시판용 검은색 메니큐어를 치관 1/3를 포함하여 치은연상에 도포하였다.

마네킨의 시술 부위는 상악 오른쪽 제1대구치와 제2대구치 설면, 하악 오른쪽 제1대구치와 제2대구치 설면이다. 연구 참여자는 무작위로 참여자 번호가 부여되었으며, 참여자 번호가 홀수인 경우에는 상악 오른쪽 제1대구치 설면과 하악 오른쪽 제1대구치의 설면의 치석제거를 시행 후 동작 중 연구자가 촬영한 영상으로 자세에 대한 수정사항에 대한 교육을 받았다. 교육을 받은 후 상악 오른쪽 제2대구치 설면과 하악 오른쪽 제2대구치 설면의 치석제거 동작을 다시 시행하도록 하였다. 연구 참여자 번호가 짝수인 경우에는 상악 오른쪽 제2대구치 설면과 하악 오른쪽 제2대구치 설면을 먼저 시행하고 자세교육을 받고 난 뒤에는 상악 오른쪽 제1대구치 설면과 하악 오른쪽 제1대구치의 설면에 치석제거 동작을 시행하였다.

2) 치석제거 동작 및 자세교정 교육

치석제거 동작은 실습용 치과마네킨(Dental manikin, Nishin, Japan)을 이용하였으며, 마네킨은 치과유닛 체어에 스트립을 이용하여 고정시켜 치과진료실에서 치석제거 동작을 시행하는 것과 동일하게 준비하였다(Fig. 1). 치과마네킨에 인공 치석을 구현하기 위하여 치아부위에 메니큐어를 미리 도포해 놓았다. 진료자세 교정 교육 전에 연구 참여자는 치석을 제거할 치아 부위만을 확인받고, 평소 본인이 치석제거 시 주로 사용하는 치주기구를 선택하고, 평소 치석제거를 할 때와 동일한 자세와 힘으로 치석 제거동작을 시행하였다. 치석 제거 부위는 치은 연상이었으며, 참여자가 10분 동안 치석제거를 시행하는 동안 연구자는 핸드폰 카메라를 이용하여 참여자의 치석제거 동작을 동영상으로 촬영하여, 치석제거 이후 촬영된 영상을 활용하여 치석제거 시 올바르지 않은 자세에 대한 교정 사항에 대해 내용을 제공하였다. 치석제거 자세에 대한 피드백을 제공한 연구자는 치면세마 강의 경험이 5년 이상인 치위생학과 교수 1인이었다. 자세교정 교육은 치위생(학)과에서 치주기구 사용법 및 치면세마론에서 제시된 올바른 술자 자세를 기본으로 교육하였으며[4,5], 촬영된 영상에서 부적절한 자세를 알려주고 술자의 위치, 목, 어깨, 상완, 손목, 허리 및 등의 위치와 술자의 시계방향의 위치, 의자의 높이를 수정하도록 하였다. 예를 들어 “의자 높이를 본인에 맞도록 조절하여 9시 방향에서 앉고 등을 곧게 펴고 오른쪽 어깨와 팔이 과도하게 올라가지 않도록 합니다.” 동영상을 통한 자세 교육 이후 인접치아의 치은연상 치석을 동일한 시간 동안 제거하도록 하여 진료자세의 변화를 확인하였다.

3) RULA (Rapid upper limb assessment) 분석

RULA는 어깨, 팔목, 손목, 목 등의 상지에 초점을 맞추어 작업 자세로 인한 작업 부하를 평가하기 위한 장비로 상지의 신체 활동을 많이 하는 직종의 작업 부하 평가에 적합하다[9].



Fig. 1. Posture of dental calculus removal and 3D motion analysis program

치위생학과 학생 및 임상치과위생사들이 치석제거를 10분 동안 시술하는 중간에 촬영한 1분 분량의 동영상(30 frame/1 sec)에 기초하여, RULA 분석을 시행하였다. RULA 체크리스트에서는 신체 각 부위를 A와 B 두 그룹으로 나누는데, 그룹A는 상완과 전완, 손목을 포함하고, 그룹 B는 목, 몸통, 다리를 포함한다<Fig. 2>. 근육사용에 대한 점수는 자세가 10분 이상 동안 정적인 자세로 유지되거나 동작이 분당 4회 이상 반복될 때 1점이 추가되고, 힘/부하에 대한 점수는 2 kg 미만일 때는 0점, 2 kg 이상 10 kg 미만이고 반복적이거나 충격적일 때 3점이 추가되는데, 치면세마 시술 시 사용되는 수동 치석제거기구는 2 kg 미만이므로 점수가 0점이었다. 근육에 사용 정도와 사용빈도를 정해진 표에서 찾아 점수를 더하여 최종적인 값을 산출하도록 되어있다. 최종 분석 점수에 따라 4단계의 조치수준으로 나누어지는데 1-2점은 수용 가능한 작업, 3-4점은 계속 추적 관찰을 요하는 작업, 5-6점은 계속적 관찰과 빠른 작업개선을 요하는 작업, 7점 이상인 경우는 정밀 조사와 즉각적인 개선이 요구되는 작업으로 분류한다[9].

RULA Employee Assessment Worksheet

Complete this worksheet following the step-by-step procedure below. Keep a copy in the employee's personnel folder for future reference.

A. Arm & Wrist Analysis

Step 1: Locate Upper Arm Position
 Step 1a: Adjust...
 Final Upper Arm Score = #REF!

Step 2: Locate Lower Arm Position
 Step 2a: Adjust...
 Final Lower Arm Score = #REF!

Step 3: Locate Wrist Position
 Step 3a: Adjust...
 Final Wrist Score = #REF!

Step 4: Wrist Twist
 Wrist Twist Score = #REF!

Step 5: Look-up Posture Score in Table A
 Posture Score A = #REF!

Step 6: Add Muscle Use Score
 Muscle Use Score = #REF!

Step 7: Add Force/load Score
 Force/load Score = #REF!

Step 8: Find Row in Table C
 Final Wrist & Arm Score = #REF!

SCORES

Table A
Wrist

Upper Arm	Lower Arm	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist
1	1	2	2	3	3
2	2	2	2	3	3
3	2	3	3	3	4
2	1	2	3	3	4
3	1	3	3	4	4
3	1	3	4	4	5
2	2	3	4	4	5
3	2	4	4	4	5
4	1	4	4	4	5
2	3	4	4	4	5
3	4	4	4	4	5
3	4	4	4	5	5
6	1	5	5	5	6
2	5	6	6	6	7
3	6	6	7	7	8
6	1	7	7	7	8
2	8	8	8	8	9
3	9	9	9	9	9

Table C

1	2	3	4	5	6	7
1	1	2	3	4	5	5
2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	4	5	6	6
5	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	7	7
7	5	5	6	7	7	7
8	5	5	7	7	7	7

B. Neck, Trunk & Leg Analysis

Step 9: Locate Neck Position
 Final Neck Score = #REF!

Step 10: Locate Trunk Position
 Final Trunk Score = #REF!

Step 11: Legs
 Final Leg Score = #REF!

Table B

Neck	1	2	3	4	5	6
1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	2	3	4	5
3	1	2	3	4	5	6
4	1	2	3	4	5	6
5	2	3	4	5	6	7
6	3	4	5	6	7	8
7	4	5	6	7	7	8
8	5	6	7	7	8	8
9	6	7	8	8	9	9
10	7	8	9	9	9	9

Table B

4	5	5	6	6	7	7	7	8	8
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	3	4	5	6	7	7	7
3	3	3	4	5	6	7	7	7	7
4	4	4	5	6	7	7	7	7	7
5	5	5	6	7	7	7	7	7	7
6	6	6	7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9

Final Score ###

#

#

FINAL SCORE: 1 or 2 = Acceptable; 3 or 4 Investigate further; 5 or 6 Investigate further and change soon; 7 Investigate and change immediately
 © Professor Alan Hedge, Cornell University, Nov. 2000

Fig. 2. Rapid upper limb assessment employee assessment worksheet; original worksheet developed by Dr. Alan Hedge. Based on [9]

4) 3차원 동작 분석을 통한 자세 측정

MyoMotion (Noraxon Inc, Scottsdale, AZ, USA) 3D 동작 분석 시스템을 사용하여 목, 등, 허리, 어깨 관절에서 운동학적 변수를 분석했다. 측정하기 전에 관성 측정 장치(Inertial Measurement Unit, IMU) 센서를 특수 고정 스트랩과 탄성 스트랩으로 대상자의 신체 각 부위에 (머리, 머리 뒤쪽 중앙; 위등, 척수를 따라 C7 아래; 아래등, 척수를 따라 대략 L1 / T12; 엉치뼈, 엉치의 뼈부위; 위팔, 등세모근의 복부 아래)에 부착하였다. 이때 표본 추출 비율(sampling rate)은 200 Hz로 설정하였고 최대 20 m 범위에서 측정했다. IMU 센서를 이용한 동작 분석의 정적 정확도는 ±0.4°, 동적 정확도는 ±1.2°이다. 신체의 각 부위에 부착된 IMU 센서의 정보를 조합하여 수동 치석제거기구를 이용하여 치면세마를 시술하고 있는 대상자의 목, 등, 허리, 어깨 관절의 운동학적 정보를 측정하였다. 모든 실험은 신체 측정 전에 IMU 센서의 정렬이 수행되었으며 측정된 운동학적 변수는 MR3 소프트웨어 (Noraxon Inc, Scottsdale, AZ, USA)에서 실행하고 분석하였다.

5) 분석방법

모든 통계분석은 IBM SPSS Statistics 21.0 (IBM Co., Armonk, NY, USA)을 이용하여 대상자의 치면세마 시술 시 목, 몸통, 허리, 어깨에 관절각도의 평균을 제시하고 이를 paired t-test를 통해 평균 분석을 시행하였다. 또한 각 부위에 RULA 값의 평균과 교육 전과 후 차이를 비모수 검정의 wilcoxon signed rank test를 이용하여 분석하였다. 모든 유의수준은 0.05로 설정하였다.

연구결과

1. 연구대상자의 일반적인 사항

연구대상자는 총 32명으로 모두 여성이었으며, 평균 연령 21.7 ± 2.2 세, 평균 신장 161.1 ± 5.9 cm, 평균 체중 54.7 ± 8.9 kg, 평균 체질량 지수 21.3 ± 2.5 kg/m²로 건강하였다.

2. RULA 를 이용한 자세변화

RULA를 이용하여 신체부위를 A부분(팔과 손목)과 B부분(목, 허리, 다리)로 구분하여 분석한 결과는 <Table 1>과 같다. 신체 움직임과 자세를 대표하는 최종점수는 교육 전 5.72 ± 0.58 점, 교육 후 4.31 ± 0.10 점으로 교육 전에 비해 교육 후 유의한 감소를 보였다($p < 0.001$).

Table 1. Differences RULA scores between pre and post education

Unit : Mean±SD

Body part	W/O education	With education	<i>p</i> *
Final scores	5.72±0.58	4.31±0.10	<0.001
A: Upper arm position	2.41±0.50	1.97±0.647	0.002
arm Lower arm position	3.00±0.00	2.81±0.40	0.014
and Wrist position	3.53±0.51	3.16±0.57	0.011
wrist Wrist Twist	1.00±0.00	1.00±0.00	1.000
Look-up posture score in table A	4.53±0.51	3.91±0.78	0.001
Add muscle use score	1.00±0.00	1.00±0.00	1.000
Add force/load score	0.00±0.00	0.00±0.00	1.000
Final wrist and arm score	5.53±0.51	4.91±0.78	0.001
B: Neck position	2.69±0.47	2.13±0.64	0.003
neck, Trunk position	2.56±0.50	1.81±0.47	<0.001
trunk Legs	1.00±0.00	1.00±0.00	1.000
and leg Look-up posture score in table A	3.44±0.72	2.31±0.64	<0.001
Add muscle use score	1.00±0.00	1.00±0.00	1.000
Add force/load score	0.00±0.00	0.00±0.00	1.000
Final neck, trunk and legs score	4.44±0.72	3.31±0.64	<0.001

*by Wilcoxon signed rank test

RULA =Rapid upper limb assessment

Final score means 1 or 2= Acceptable; 3 or 4 investigate further; 5 or 6 further and change soon; 7 investigate and change immediately

팔과 손목 부위의 점수 중에서 교육 전에 비해 교육 후 유의하여 감소한 부위는 위팔, 아래팔 그리고 손목의 위치이다. 위팔 RULA 점수는 교육 전 2.41 ± 0.50 에서 교육 후 1.97 ± 0.647 로 유의한 감소를 보였으며($p=0.002$), 아래팔의 점수는 교육 전 3.00 ± 0.00 에서 교육 후 2.81 ± 0.40 로 역시 유의한 감소를 보였다($p=0.014$). 손목의 위치도 교육 전 3.53 ± 0.51 에서 교육 후 3.16 ± 0.57 로 다소 감소하였다($p=0.011$). 손목의 뒤틀림 정도는 1점으로 심한 변화가 없었다. 반복된 동작과 강한 힘을 사용하는

지에 대한 점수도 교육 전과 후에 변화가 없었다. 팔과 손목에 대한 RULA 전체 점수는 5.53±0.51에서 4.91±0.78로 유의한 감소를 보였다($p=0.001$).

목과 허리 그리고 다리의 RULA 점수 중에서 교육 전에 비해 교육 후 유의하게 감소한 부위는 목과 허리의 위치이다. 목의 RULA 점수는 교육 전 2.69±0.47에서 교육 후 2.13±0.64로 유의한 감소를 보였으며($p=0.003$), 허리의 자세 점수는 교육 전 2.56±0.50에서 교육 후 1.81±0.47로 유의한 감소를 보였다($p<0.001$). 반복된 동작과 강한 힘을 사용하는지에 대한 점수도 교육 전과 후에 변화가 없었다. 목과 허리 그리고 다리에 대한 RULA 전체 점수는 4.44±0.72에서 3.31±0.64로 유의한 감소를 보였다($p<0.001$).

3. 3차원 동작분석법을 이용한 관절각도 변화

3차원 동작분석법을 이용한 관절의 각도는 <Table 2>와 같다. 왼쪽 어깨를 제외한 모든 측정 부위에서 측정하는 기준에 따라 유의한 차이를 확인하였다. 목관절의 변화는 목의 굽힘과 가쪽 굽힘에서 확인되었으며, 목의 굽힘이 교육 전보다 교육 후 13.53도에서 19.98도로 증가하고($p=0.014$), 목의 가쪽 굽힘은 30.60도에서 18.85도로 감소하였다($p=0.001$).

Table 2. Differences of joint angles between pre and post education Unit: Mean±SD

Body part	Without education	With education	95% CI	<i>p</i> *
Cervical flexion (+)/extension (-)	13.53± 9.71	19.98± 8.35	-11.51~ -1.38	0.014
Cervical right (+)/left (-) sidebending	30.60±10.22	18.85± 8.85	6.79~16.72	0.001
Cervical right (+)/left (-) rotation	0.88± 6.36	-2.75± 6.12	0.46~ 6.80	0.026
Thoracic flexion (+)/extension (-)	22.32±10.17	13.76± 6.88	3.76~13.35	0.001
Thoracic right (+)/left (-) sidebending	23.85±10.13	8.12± 5.47	11.20~20.27	0.001
Thoracic right (+)/left (-) rotation	-7.27± 6.24	-10.11± 6.8	-0.78~ 6.47	0.120
Lumbar flexion (+)/extension (-)	0.94± 8.33	-1.92± 5.18	-1.07~ 6.78	0.148
Lumbar right (+)/left (-) sidebending	11.03± 9.18	2.51± 6.29	4.43~12.60	0.001
Lumbar right (+)/left (-) rotation	5.40± 6.40	6.60± 6.08	-4.44~ 2.04	0.455
Right shoulder flexion (+)/extension (-)	1.83±13.42	4.41±10.32	-9.68~ 4.52	0.464
Right shoulder abduction (+)/adduction (-)	39.52±16.76	25.00±13.54	6.97~22.07	0.001
Right shoulder external (+)/internal (-) rotation	-27.50±13.99	-23.08±13.96	-11.19~ 2.34	0.192
Left shoulder flexion (+)/extension (-)	15.97±17.15	18.85±14.33	-10.18~ 4.42	0.426
Left shoulder abduction (+)/adduction (-)	-3.52±11.16	-4.98± 8.35	-3.79~ -6.71	0.575
Left shoulder external (+)/internal (-) rotation	-18.26±10.07	-16.55±17.42	-9.08~ 5.65	0.639

*by paired t-test

등과 허리의 변화는 등의 굽힘과 가쪽 굽힘, 허리의 가쪽 굽힘에서 확인되었으며, 등의 굽힘이 교육 이후 22.32도에서 13.76도로($p=0.001$), 가쪽 굽힘이 23.85에서 8.12도로 유의하게 감소하였다($p=0.001$). 허리의 가쪽 굽힘은 교육 후에 11.03도에서 2.51도로 유의하게 감소하였다($p=0.001$).

어깨관절의 변화는 오른쪽 어깨에서 확인되었으며, 오른쪽 어깨의 벌림도 39.52도에서 25.00도

로 유의하게 감소하였다($p=0.001$). 오른쪽 어깨의 굽힘이나 가쪽 굽힘은 확인되지 않았으며, 왼쪽 어깨의 변화도 확인할 수 없었다.

총괄 및 고안

근골격계 문제는 작업환경의 변화나 업무 양의 감소를 주지 않으면 발병 후 저절로 치유되지 않는 질환으로 치과종사자들에게 큰 부담이 된다. 기존의 연구들을 통해 알려진 치과종사자들의 근골격계의 발생 위험요인으로는 근무기간, 작업시간의 길이가 있다[16]. 대부분의 치과위생사들은 하루의 8시간 이상을 근무하게 되며, 긴 작업시간이 소요되어 근골격계 질환에 노출되어 있다. 본 연구의 결과에서 치석제거 작업을 수행하는 동안 목, 등, 어깨 관절의 가쪽 굽힘 또는 벌어짐을 확인하였으며, 작업 자세교정 교육 후 관절각도의 유의한 감소가 있음을 확인하였다.

기존의 많은 연구에서 치과종사자들의 근골격계 질환에 대한 연구 수행 시 통증의 정도를 설문지를 통해 자가 기입하도록 하였다[7,8]. 설문지를 통한 조사는 비용이 저렴하고 편리한 방법이지만, 질환이나 지나간 생활습관에 대해 회상오류(recall bias)가 생길 수 있는 단점이 있다. 최근 연구에서는 신체검사와 계측을 통한 자료를 얻는 것이 더 정확한 결과로 사료된다. RULA 법은 상지를 많이 사용하는 치위생작업을 평가하기 위해서 사용되었다[10,11]. 동일한 평가 도구를 사용하여 기존의 연구결과와의 일치점 및 차이를 분석하고자 하였다. 그리하여, 본 연구에서는 기존의 연구에서 사용하던 RULA 법을 이용하여 치석제거 작업 자세로 인한 작업 부하를 평가하고, 새로운 방법인 3차원 동작분석을 통해 치석제거를 시행하는 동안 대상자의 신체부위의 각도 변화를 객관적으로 평가하고자 시도하였다.

본 연구결과에서 RULA의 최종점수는 교육 전에 비해 교육 후 유의한 감소를 보였으며, 특히 위팔, 아래팔, 손목의 위치 그리고 목, 허리와 다리의 위치에서 자세의 즉각적인 자세교정 교육 후에 변화를 보였다. 기존의 정과 김[10]의 연구에서 근골격계 예방 교육 프로그램의 효과를 확인하기 위해서 RULA 측정을 시행한 경우, 프로그램 시행 대상자의 점수가 유의하게 낮아졌음을 보고하여, 본 연구에 상응하는 결과를 확인하였다. Hayes 등[16]에 의하면 치과종사자 중에서 치과의사는 등과 목에 가장 통증 빈번한 것으로 보고하였고, 반면에, 치과위생사는 손과 손목이 가장 통증이 빈번한 부위라고 보고하였다. RULA는 치과대학 학생들이 두 가지의 다른 의자를 이용하여 자세의 변화를 측정하는 연구에서도 사용된 측정법으로[17], 치과의사 또는 치과위생사들의 자세의 평가에 효율적으로 활용될 수 있다. 본 연구의 RULA 결과에서 손목의 위치 점수가 교육 후 유의하게 감소하여, 올바른 자세를 취하면 손목의 위치가 교정되고 손목의 통증이 유발될 가능성도 감소함을 확인하였다.

치과위생사는 환자의 구강상태에 따라 구강 내 특정 치아 또는 특정 부위에서 연필 정도 두께의 얇은 수동 치석제거기를 사용하여 반복된 치석제거 동작을 시행하게 된다. 본 연구에서는 RULA가 측정하는 항목 중 반복적인 동작과 강한 힘 여부에는 자세교정 교육 이후 변화가 없었다. 그 이유는 대상자의 자세에 대해서만 교육자가 피드백을 주었기 때문에 힘의 강도와 반복된 동작에 대한 변화는 없었을 것으로 추측된다. 또는 자세교정 교육 이후 반복된 동작의 수행에 차이가 있을 가능성에도 불

구하고 RULA에서 사용되는 반복적인 동작 (1분간에 같은 동작을 4회 이상 반복 여부)과 강한 힘 (2~10 kg의 무게를 사용 여부)의 기준이 세밀하지 않기 때문에, 치과위생사의 작업분석에 RULA법을 사용하기에는 한계가 있다고 판단이 된다. 따라서 본 연구의 RULA측정 결과와는 별개로, 근골격계 질환 예방을 위하여 작업 자세 교육뿐만 아니라 사용 도구에 교육이 필요할 것으로 사료된다. 현재 국내 많은 치과의원에서 초음파 치석제거기를 이용하여 대부분의 치석제거를 시행하고 일부 치은연하와 초음파 치석제거기의 팁이 적용되지 않는 부위에 한해 수동 치석제거기를 사용하는 실정이다. 초음파 치석제거기를 사용하는 경우 수동 치석제거기 보다 적은 힘으로 빗질하듯이 작업을 할 수 있으므로 작업 강도의 부담을 감소시킬 수 있기 때문에 이를 적극적으로 권장하고[5], 치면세균막이나 치석이 많은 환자의 치석제거 수행 시 손목에 반복된 동작이 누적되지 않도록 구강 내 분약을 나누거나 진료 횟수를 늘릴 필요가 있다. 3차원 동작 분석결과에서는 왼쪽 어깨를 제외한 모든 측정 부위에서 관절각도의 변화를 확인하여, 측정법의 민감도가 높으며, 연구자가 측정하고자 하는 부위를 정해 객관적이고 정량적인 자료를 얻을 수 있음을 확인하였다. 목의 경우 자세에 대한 교정 교육 후 굽힘 정도가 증가하였으나, 목의 통증과 관련이 깊다고 알려져 있는 목의 가쪽으로 굽히는 각도는 감소하였다[18]. 등과 허리의 경우에도 관절의 굽힘 각도가 감소하여 허리를 과도하게 구부리는 자세에 대한 교정이 이루어졌음을 확인하였다. 치과 의사와 치과위생사의 작업 자세에 대한 연구에 따르면 두 직업 모두 근무 시간의 86%를 최소한 30°의 목 굴곡이 있었으며 작업 시간의 53%와 50%는 적어도 몸통 굴곡 30°를 보였다[19]. 이러한 허리를 과도하게 구부리는 자세는 허리의 통증과 높은 연관성을 가지고 있으므로 이를 작업자세 교육을 통해 교정하는 것은 허리 통증의 예방에 중요한 요소이다[20]. 오른쪽 어깨도 자세교육 후 어깨 별림의 각도가 감소한 것을 확인하였다. 성 등[21]의 치과위생사의 진료자세에 대한 연구에서도 앉아서 진료를 하는 경우 허리를 구부리는 동작, 양쪽 어깨 높이를 다르게 하는 경우, 팔의 높이가 심장보다 높게 하여 진료하는 경우가 많다고 보고하고 있다. 즉 팔의 높이가 높은 경우 어깨의 별림 각도가 증가하게 되고, 이는 잘못된 자세로 어깨충돌증후군, 오십견, 관절염과 같은 근골격계 질환을 유발할 가능성이 높다[22]. 따라서 자세교육을 통해 이러한 목과 허리의 굽힘 및 어깨 별림 정도는 개선해야 하며, 본 연구에서는 즉각적인 자세교정 교육을 통해서 개선됨을 확인하였다.

본 연구의 한계는 실제 환자들 대상으로 치석제거 동작 시 관절의 각도나 자세를 분석하지 못하고 마네킨을 이용하여 그 상황을 재현하였다. 실제 환자에게 적용하기에는 윤리적인 문제가 있어 적용하지 못한 한계가 있었다. 만약 실제 환자였다면, 볼, 입술, 혀를 포함한 연조직으로 인해 시야확보가 어려워 본 연구결과보다 관절의 구부림 각도나 RULA값이 크게 측정될 가능성이 있다. 또한 치석제거 동작 시 부적절한 자세를 1회성 교육으로 수정되는지를 확인하였다. 본 연구에서 사용한 두 가지 측정법에 상관성을 확인하여 3차원 동작 분석법이 기준에 이용되면 RULA법을 얼마나 반영하는지 확인하고자 하였으나, 손목이나 상지 부위를 3차원 동작 분석에서 포함하고 있지 않고, RULA법은 어깨부위에 대한 자세한 측정변수가 없어 분석에 한계가 있었다. 하지만 추후 연구에서는 두 방법의 비교를 위해 연구설계를 수행하여, 객관적인 측정법인 3차원 동작분석과 RULA와의 상관성을 확인할 필요가 있다. 치과위생사들이 수행하는 치석제거 동작이나 치주기구사용 시 가장 기본이 되는 것

은 자세와 위치이다. 즉 올바른 자세가 이후 기구잡기 및 손동작의 기본이 됨으로 업무 수행 시의 작업각도 분석과 올바른 자세 교육은 중요하다[5]. 치과종사자들의 근골격계질환 예방을 위해서 예방 교육 프로그램이 필요한 것처럼[23], 진료실에서 지속적으로 실천할 수 있는 프로그램의 적용과 그에 대한 평가가 필요하다.

결론

본 연구는 치과위생사가 수행하는 대표적인 치석제거 동작 수행 시 관절의 움직임 확인하기 위해 건강한 여성 참여자 32명이 치과용 마네킨을 이용하여 치석제거 동작을 시행하였다. 동작이 수행되는 동안 관절의 움직임과 각도를 RULA 법과 3차원 동작 분석법으로 확인하였다. 또한 대상자가 치석제거 동작을 하는 동안 1분간 동영상을 촬영하여 치석제거 동작 시행 후 대상자와 교육자가 영상을 함께 확인하면서 올바른 자세로 대상자가 치석제거 동작을 수행할 수 있도록 교육자가 자세교정 교육을 시행하였다. 이후 인접치아의 인공 치석을 동일한 시간 동안 제거하도록 하여 진료자세의 변화를 확인하였다.

1. RULA를 이용한 자세변화를 조사한 총점 결과 교육 전은 5.72 ± 0.58 점이었으며 교육 후는 4.31 ± 0.10 점으로 교육 전에 비해 교육 후 유의한 감소를 보였으며($p < 0.001$), 위팔, 아래팔, 손목의 위치와 목과 허리의 위치가 교육 후 유의한 점수 감소를 보였다($p < 0.05$).
2. 3차원 동작분석법을 이용한 관절각도 변화는 왼쪽 어깨를 제외한 모든 측정 부위에서 측정하는 기준에 따라 유의한 차이를 확인하였다($p < 0.05$).

이상의 결과를 통해 영상을 이용한 자세교정 교육이 RULA와 3차원 동작분석법을 통해 유의하게 효과가 있었음을 확인하였다. 한편, RULA에서 제시하는 측정부위와 반복 동작 평가가 치석제거 동작을 평가하기에는 일부 한계가 있음을 확인하였고, 3차원 동작분석법을 이용한 자세변화는 객관적인 관절각도의 변화를 확인할 수 있으며, 연구자나 사용자가 측정을 원하는 부위에 센서를 부착하여 관절의 각도 및 변화를 확인할 수 있는 장점이 있었다. 이상의 실험 연구를 통해 치석제거로 인한 근골격계 질환 예방을 위해서는 올바른 자세 교육이 필수적이며 본 연구를 통한 결과가 자세교육의 자료로 이용될 것으로 기대한다.

References

- [1] Kilbom Å, Persson J. Work technique and its consequences for musculoskeletal disorders. *Ergonomics* 1987;30:273-9.
- [2] Jeong HJ. Investigations on musculoskeletal disorders experience by performing posture of dental Hygienists. *J Kor Soc Hygienic Sciences* 2006;12:87-94.
- [3] Osborn J, Newell K, Rudney J, Stoltenberg J. Carpal tunnel syndrome among minnesota dental hygienists. *J Dent Hygiene* 1990;64:79-85.
- [4] Kim SA, Gwak JS, Kim YJ, Kim EH, Kim JH, Lee MH, et al. Oral prophylaxis. Seoul: Daehannarae; 2014: 188-98.
- [5] Nield-Gehrig JS. Fundamentals of periodontal instrumentation & advanced root instrumentation: Lippincott Williams & Wilkins; 2008: 41-51.

- [6] Cha JH, Ryu TB, Choi HS, Lee JB, Kim MK, Chung MK, et al. Survey of musculoskeletal disorders in Korean dentists. *J Ergon Soc Kor* 2007;26:137-47.
- [7] Finsen L, Christensen H, Bakke M. Musculoskeletal disorders among dentists and variation in dental work. *Appl Ergon* 1998;29:119-25.
- [8] Anton D, Rosecrance J, Merlino L, Cook T. Prevalence of musculoskeletal symptoms and carpal tunnel syndrome among dental hygienists. *Am J Ind Med* 2002;42:248-57.
- [9] McAtamney L, Corlett EN. RULA: A survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Appl Ergon* 1993;24:91-9.
- [10] Jeong YS, Kim HU. Influence of posture variation after education program for preventing musculoskeletal disorders during oral prophylaxis practice of dental hygiene students. *Kor Ind Hyg Assoc J* 2008;18:141-8.
- [11] Noh H, Roh H. Approach of industrial physical therapy to assessment of the musculoskeletal system and ergonomic risk factors of the dental hygienist. *J Phys Ther Sci* 2013;25:821-6.
- [12] Manghisi VM, Uva AE, Fiorentino M, Bevilacqua V, Trotta GF, Monno G. Real time RULA assessment using Kinect v2 sensor. *Appl Ergon* 2017;65:481-91. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2017.02.015>
- [13] Jung YS. The ergonomic analysis on dental hygienists' scaling treatment posture based on two dimensional motion. *J Korean Soc Dent Hyg* 2003;3:73-87.
- [14] Kim G. By using 3D motion analysis, the comparison of eye-hand coordination ability. *J KSOT* 2006;14:1-10.
- [15] De Bruyne MA, Van Renterghem B, Baird A, Palmans T, Danneels L, Dolphens M. Influence of different stool types on muscle activity and lumbar posture among dentists during a simulated dental screening task. *Appl Ergon* 2016;56:220-6. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2016.02.014>
- [16] Hayes M, Cockrell D, Smith DR. A systematic review of musculoskeletal disorders among dental professionals. *Int J Dent Hyg* 2009;7:159-65. <https://doi.org/10.1111/j.1601-5037.2009.00395.x>
- [17] Gandavadi A, Ramsay J, Burke FT. Assessment of dental student posture in two seating conditions using RULA methodology-a pilot study. *Br Dent J* 2007;203(10):601-5. <https://doi.org/10.1038/bdj.2007.1047>
- [18] Xie YF, Szeto G, Madeleine P, Tsang S. Spinal kinematics during smartphone texting-a comparison between young adults with and without chronic neck-shoulder pain. *Appl Ergon* 2018; 68:160-8. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2017.10.018>
- [19] Marklin RW, Cherney K. Working postures of dentists and dental hygienists. *J Calif Dent Assoc* 2005;33:133-6.
- [20] Apeldoorn AT, Van Helvoirt H, Meihuizen H, Tempelman H, Vandeput D, Knol DL, et al. The influence of centralization and directional preference on spinal control in patients with nonspecific low back pain. *J Orthop Sports Phys Ther* 2016;46:258-69. <https://doi.org/10.2519/jospt.2016.6158>
- [21] Seong M, Kim S, Cho B, Choi M, Whang S. Posture of dental hygienists, indoor environmental and medical research by self reported symptoms. *J Korean Soc Dent Hyg* 2010;2:161-76.
- [22] Viehöfer AF, Snedeker JG, Baumgartner D, Gerber C. Glenohumeral joint reaction forces increase with critical shoulder angles representative of osteoarthritis—a biomechanical analysis. *J Orthop Res* 2016;34:1047-52. <https://doi.org/10.1002/jor.23122>
- [23] Valachi B, Valachi K. Preventing musculoskeletal disorders in clinical dentistry: strategies to address the mechanisms leading to musculoskeletal disorders. *J Am Dent Assoc* 2003;134: 1604-12.